



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 199 31 112 A 1**

⑤① Int. Cl. 7:
B 81 C 1/00
B 81 C 5/00
B 41 J 2/04
B 41 M 5/00

②① Aktenzeichen: 199 31 112.9
②② Anmeldetag: 6. 7. 1999
④③ Offenlegungstag: 25. 1. 2001

DE 199 31 112 A 1

⑦① Anmelder:
EKRA Eduard Kraft GmbH, 74357 Bönningheim, DE

⑦④ Vertreter:
Gleiss & Große, Patentanwaltskanzlei, 70469
Stuttgart

⑦② Erfinder:
Wehl, Wolfgang, Prof. Dr., 74080 Heilbronn, DE

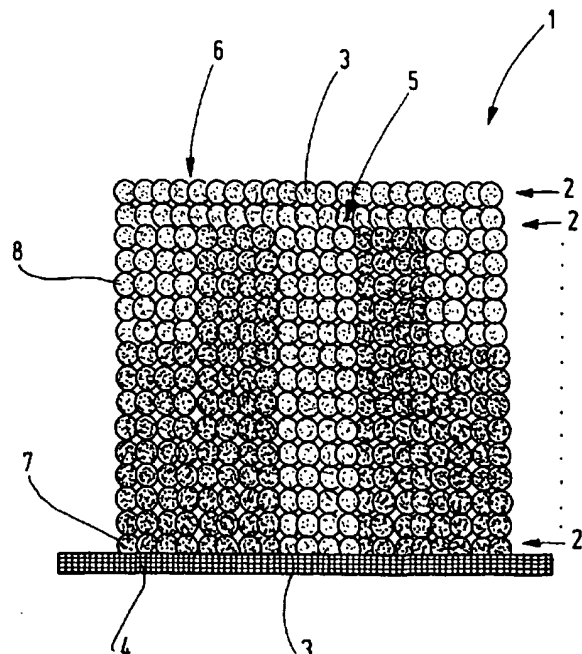
⑤⑥ Entgegenhaltungen:
DE 6 90 25 147 T2
US 51 49 548
US 50 59 266
WO 97 48 557 A2
GAO, FUQUAN and SONIN, AIN A.: Precise
deposition
of molten microdrags: the physics of digital
microfabrication. In: Proceedings of the Royal
Society Lowdant (1994), Nr. 444, pp. 533-554;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Verfahren zur Herstellung eines Mikrobauelements, Verwendung eines nach dem Tintendruckprinzip arbeitenden Druckkopfes zur Herstellung eines Mikrobauelements und Vorrichtung zum Herstellen eines Mikrobauelements

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Mikrobauelements (1). Es ist vorgesehen, daß mittels eines nach dem Tintendruckprinzip arbeitenden Druckkopfes (9) das in flüssiger Phase vorliegende Material (3) für das Mikrobauelement (1) tropfenförmig auf ein Substrat (4) aufgespritzt wird, wobei mehrere Tropfen (3) des Materials in einer gemeinsamen Ebene (Schicht 2) und/oder in unterschiedlichen Ebenen vorliegen und nach dem Erstarren das Mikrobauelement (1) bilden.



DE 199 31 112 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Mikrobauelements, die Verwendung eines nach dem Tintendruckprinzip arbeitenden Druckkopfes sowie eine Vorrichtung zum Herstellen eines Mikrobauelements.

Für die Herstellung von Mikrobauelementen, die beispielsweise Kunststoff umfassen oder aus Kunststoff bestehen, ist es bekannt, Spritzgießformen herzustellen, die dann mit dem flüssigen Kunststoff ausgespritzt werden. Nach dem Erstarren kann das Mikrobauelement aus der Form entnommen werden. Nachteilig bei diesen Herstellungsverfahren ist, daß die Herstellung der Spritzgießformen aufwendig und teuer ist. Insbesondere, wenn lediglich ein Prototyp hergestellt werden soll.

Es ist auch bekannt, Bauelemente in makroskopischer Größe nach einem sogenannten Rapid-Prototyping-Verfahren herzustellen. Hierbei werden keine Spritzgießformen oder dergleichen benötigt, wenn Kunststoffbauelemente hergestellt werden sollen. Beispielsweise liegt das Ausgangsmaterial kugelförmig vor, ähnlich den bekannten metallischen Sinterwerkstoffen. Die Kugeln werden dann mittels einer geeigneten Vorrichtung schichtweise auf einen Träger aufgetragen, auf dem sie gegebenenfalls durch stabilisierende Maßnahmen fixiert werden. Ist das Bauelement schichtweise aufgetragen, können durch anschließende Wärmebehandlung die Kugeln aufgeschmolzen werden, so daß sich die einzelnen Kugeln miteinander verbinden und so das makroskopische Bauelement bilden. Nachteilig hierbei ist, daß sich lediglich Bauteile herstellen lassen, die mindestens 5 bis 10 mm groß sind. Außerdem ist in manchen Fällen die Konturgenauigkeit der Bauelemente nicht ausreichend gut.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Herstellen eines Mikrobauelements anzugeben, das/die diese Nachteile nicht aufweisen.

Gelöst wird diese Aufgabe mit einem Verfahren zur Herstellung eines Mikrobauelements, das die im Anspruch 1 genannten Merkmale zeigt. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, daß mittels eines nach dem Tintendruckprinzip arbeitenden Druckkopfes das in flüssiger Phase vorliegende Material für das Mikrobauelement tropfenförmig auf ein Substrat ausgespritzt wird, wobei mehrere Tropfen des Materials in einer gemeinsamen Ebene und/oder in unterschiedlichen Ebenen vorliegen und nach dem Erstarren das Mikrobauelement bilden. Mittels des Druckkopfes werden also mehrere Tropfen nebeneinander und/oder übereinander und/oder zumindest teilweise einander überlappend auf ein Substrat aufgetragen. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren können also Mikrobauelemente schnell und einfach hergestellt werden, da nach dem Erstarren der ausgespritzten flüssigen Masse das Mikrobauelement bereits fertiggestellt ist, also auf nachfolgende Reflow-Prozesse weitgehend verzichtet werden kann. Außerdem ist es mit dem erfindungsgemäßen Verfahren möglich, Mikrobauelemente herzustellen, die Abmessungen aufweisen, die kleiner als 5 bis 10 mm sind. Mit dem nach dem Tintendruckprinzip arbeitenden Druckkopf ist es darüber hinaus möglich, Tropfengrößen beziehungsweise Tropfen mit einem Volumen derart auszuspritzen, daß die Konturgenauigkeit gegenüber dem bekannten Verfahren verbessert ist.

Nach einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, daß gleichzeitig oder nacheinander das Material für das Mikrobauelement und vorzugsweise ein flüssiges Stützmaterial aus zumindest einem Druckkopf ausgespritzt werden. Wird Stützmaterial vor oder gleichzeitig mit dem Material für das Mikrobauelement ausgespritzt, können auch komplexere Bauformen für die Mikrobauelemente realisiert werden, da

auch Hinterschneidungen oder dergleichen mit ausgebildet werden können.

Nach einer Weiterbildung wird das Material für das Mikrobauelement und das Stützmaterial aus verschiedenen Auslaßöffnungen eines Druckkopfes ausgespritzt. Alternativ kann vorgesehen sein, daß für jedes auszuspritzende Material ein Druckkopf verwendet wird.

Wird ein Stützmaterial mit auf das Substrat aufgebracht, ist vorzugsweise vorgesehen, daß nach der Fertigstellung des Mikrobauelements das Stützmaterial entfernt wird, so daß das Mikrobauelement freigelegt wird. Zum Entfernen der Stützmaterialien können beispielsweise Ätz-Prozesse oder chemisches Auflösen des Stützmaterials vorgesehen sein. Weisen Stützmaterial und Material für das Mikrobauelement unterschiedliche Schmelztemperaturen auf, kann gegebenenfalls das Stützmaterial auch durch Erhitzen entfernt werden, wobei die Schmelztemperatur des Stützmaterials unterhalb der des Mikrobauelements liegt.

Als Material für das Mikrobauelement können Kunststoffe, Metalle und/oder Glas Verwendung finden, wobei vorzugsweise vorgesehen ist, daß diese Materialien eine niedrige Schmelztemperatur besitzen, damit der Druckkopf nicht beschädigt wird.

Nach einer Weiterbildung ist vorgesehen, daß das Mikrobauelement nachbehandelt wird, beispielsweise indem es einer Wärmebehandlung und/oder einer Behandlung mit einer Chemikalie unterzogen wird. Damit lassen sich insbesondere die Eigenschaften der Bauelementoberfläche beeinflussen. Darüber hinaus ist es möglich, das Mikrobauelement weiter zu verfestigen, zu stabilisieren oder die Oberfläche zu glätten.

Bei einem Ausführungsbeispiel kann vorgesehen sein, daß die Chemikalie flüssig vorliegt. Alternativ können jedoch auch gasförmige Chemikalien für die Behandlung des Mikrobauelements verwendet werden.

Diese Aufgabe wird auch durch die Verwendung eines nach dem Tintendruckprinzip arbeitenden Druckkopfes gelöst, wie dies im Anspruch 8 angegeben ist. Es ist vorgesehen, daß der nach dem Tintendruckprinzip arbeitende Druckkopf für die Herstellung eines Mikrobauelements verwendet wird. Aus dem Druckkopf wird das Material für das Mikrobauelement tropfenförmig auf ein Substrat ausgespritzt, wobei einzelne Tropfen in einer gemeinsamen Ebene und/oder in unterschiedlichen Ebenen vorliegen können. Es können also Tropfen aufeinander, nebeneinander oder zumindest teilweise überlappend ausgespritzt werden. Werden Materialien für das Mikrobauelement verwendet, die Schmelztemperaturen aufweisen, die unter 150°C liegen, können sogar Druckköpfe verwendet werden, die nicht besonders temperaturbeständig sein müssen.

Die Aufgabe wird auch mit einer Vorrichtung zum Herstellen eines Mikrobauelements gelöst, die die Merkmale des Anspruchs 9 zeigt. Es ist also eine Vorrichtung vorgesehen, die zumindest einen Druckkopf umfaßt, der nach dem Tintendruckprinzip arbeitet und aus dem das Material für das Mikrobauelement tropfenförmig auf ein Substrat ausgespritzt wird.

Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Vorrichtung ist vorgesehen, daß der Druckkopf eine Mediumkammer, eine Wandung der Mediumkammer bildende Membran und einen Aktor zur Auslenkung der Membran umfaßt, wobei die Mediumkammer zumindest eine Ausspritzöffnung aufweist. Außerdem ist vorgesehen, daß der Aktor von der Membran thermisch entkoppelt ist. Insbesondere durch die thermische Entkopplung ist es möglich, auch Materialien für die Mikrobauelemente zu verwenden, die Schmelztemperaturen besitzen, die über 150°C liegen. Werden beispielsweise piezoelektrische Aktoren verwendet, ist es notwendig,

die Betriebstemperatur des Aktors unterhalb der piezoelektrischen Curie-Temperatur zu halten. Hierzu ist die thermische Entkopplung vorgesehen, so daß die an der Membran vorliegende Temperatur nicht bis zum Aktor weitergeleitet werden kann. Somit können also in der Mediumkammer wesentlich höhere Temperaturen als bei üblichen Druckköpfen vorliegen, wobei dennoch gewährleistet ist, daß der Aktor einwandfrei arbeitet, da sichergestellt ist, daß seine Betriebstemperatur unterhalb der piezoelektrischen Curie-Temperatur liegt.

Weitere Ausgestaltungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen mit Bezug auf die Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Schnittansicht eines Mikrobauelements, und
Fig. 2 einen Druckkopf.

Anhand von Fig. 1 wird ein Mikrobauelement 1 beschrieben, daß eine relativ einfache Struktur, hier im wesentlichen T-förmig, aufweist. Selbstverständlich können auch Mikrobauelemente mit komplexeren oder einfacheren Strukturen hergestellt werden.

Aus Fig. 1 ist ersichtlich, daß das Mikrobauelement 1 aus mehreren Schichten 2 aufgebaut ist, wobei jede Schicht vorzugsweise mehrere Materialtropfen 3 aufweist, die nebeneinander liegen oder sogar teilweise ineinander verlaufen sind. Es ist auch möglich, daß die Tropfen 3 teilweise überlappend und innerhalb der Schicht, also in einer Ebene, versetzt zueinander angeordnet sein können. Die unterste Schicht 2 wird auf ein Substrat 4 mittels eines nach dem Tintendruckprinzip arbeitenden Druckkopfes, der in Fig. 2 dargestellt ist, aufgespritzt. Nach Fertigstellung der ersten Schicht wird die zweite Schicht 2 auf die erste Schicht beziehungsweise unterste Schicht 2 aufgespritzt. Es ist also ersichtlich, daß mehrere Materialtropfen 3 in einer gemeinsamen Ebene, also in einer gemeinsamen Schicht 2 und/oder in unterschiedlichen Ebenen, also in unterschiedlichen, parallelen Schichten 2, vorliegen können.

Da die im wesentlichen T-förmige Struktur des Mikrobauelements außer dem Sockel 5 noch einen Querträger 6 aufweist, der auf dem Sockel 5 aufliegt, ist es notwendig, neben den Materialtropfen 3 für das Mikrobauelement 1 noch ein Stützmaterial 7 in den Schichten 2 mit aufzuspritzen, so daß der Querträger 6 auf die oberste Schicht des Stützmaterials 7 aufgespritzt werden kann. Es ist auch ersichtlich, daß an den Enden des Querträgers 6 ein Fortsatz ausgeht, der im wesentlichen rechtwinklig zum Querträger 6, also parallel zum Sockel 5 verläuft, jedoch sich nicht bis an das Substrat 4 heranerstreckt. Dadurch, daß das Stützmaterial 7 mit aus einem Druckkopf aufgespritzt wird, ist es möglich, nahezu beliebige Formen und/oder Konturen eines Mikrobauelements herzustellen, so daß wie im gezeigten Ausführungsbeispiel am Fortsatz 8 auch Hinterschnidungen des Stützmaterials 7 vorgesehen sein können.

Nachdem die letzte Schicht beziehungsweise oberste Schicht 2 der Materialtropfen 3 aufgetragen ist, also das Mikrobauelement fast fertiggestellt ist, kann in einem nachfolgenden Prozeß das Stützmaterial 7 entfernt werden, so daß das eigentliche Mikrobauelement 1 freigelegt wird. Anschließend oder gleichzeitig kann das Mikrobauelement 1 auch vom Substrat gelöst werden.

Die Materialtropfen 3 und das Stützmaterial 7 werden auf das Substrat 4 mit einem nach dem Tintendruckprinzip arbeitenden Druckkopf 9 aufgebracht, der in Fig. 2 dargestellt ist. Der Druckkopf 9 umfaßt eine Mediumkammer 10, in der das Material für das Mikrobauelement 1 oder das Stützmaterial 7 vorliegt. Werden beide Materialien mittels eines Druckkopfes 9 auf das Substrat 4 aufgebracht, weist der

Druckkopf 9 vorzugsweise zumindest zwei Mediumkammern 10 auf, die voneinander getrennt sind, oder aber es werden zwei Druckköpfe 9 verwendet.

Die Mediumkammer 10 weist eine Ausspritzöffnung 11 auf, aus der die Materialtropfen 3 oder das Stützmaterial 7 tropfenförmig auf das Substrat 4 ausgespritzt wird. Hierzu ist vorgesehen, daß eine Wandung der Mediumkammer bildende Membran 12 ausgelenkt wird, so daß die Materialien tropfenförmig aus der Ausspritzöffnung 11 heraustreten. Für die Auslenkung der Membran 12 weist der Druckkopf 9 einen Aktor 13 auf, der insbesondere als piezoelektrisches Element ausgebildet ist und für seine elektrische Ansteuerung zwei Kontaktierflächen aufweist, wobei lediglich die Kontaktierfläche 14 in Fig. 2 ersichtlich ist. Die andere Kontaktierfläche liegt parallel zur Kontaktierfläche 14, also parallel zur Zeichnungsebene. Durch die elektrische Ansteuerung des Aktors 13 ändert dieser seine Länge, so daß die Membran 12 entweder in Richtung zum Boden 16 der Mediumkammer bewegt oder vom Boden 16 entfernt wird, wobei die Membran 12 dabei gewölbt ausgelenkt wird. Werden heiße Materialien aus der Mediumkammer 10 ausgespritzt, so weist der Aktor 13 ein Wärmesperrelement 17 auf, welches einen Wärmeübergangswiderstand zwischen Membran 12 und Aktor 13 bildet. Dadurch wird gewährleistet, daß die piezoelektrischen aktiven Teile des Aktors 13 unterhalb der piezoelektrischen Curie-Temperatur liegen, so daß gewährleistet ist, daß der Aktor 13 optimal arbeitet, also seine Längenänderung in Abhängigkeit der angelegten elektrischen Spannung konstant bleibt, wodurch aus der Ausspritzöffnung 11 konstante Tropfenvolumen ausbringbar sind.

Es ist ersichtlich, daß der Aktor 13 innerhalb eines Gehäuses 18 des Druckkopfes 9 gehalten ist, und zwar mit seinem Ende, welches die Kontaktflächen 14 aufweist.

Der Druckkopf 9 weist vorzugsweise eine Heizeinrichtung 19 auf, so daß das in der Mediumkammer 10 vorliegende Material auf entsprechender Temperatur gehalten werden kann, bei der es flüssig vorliegt. Es kann jedoch auch vorgesehen sein, daß das Material bereits heiß und flüssig in die Mediumkammer 10 eingebracht wird, wodurch gegebenenfalls auf die Heizeinrichtung 19 verzichtet werden kann.

Je nach Ansteuerung des Aktors 13 können einzelne Tropfen oder aber innerhalb kurzer Zeit eine große Tropfenanzahl aus der Ausspritzöffnung 11 ausgebracht werden. Beispielsweise kann hierzu eine impulsartige elektrische Ansteuerung des Aktors 13 vorgesehen sein. Um eine optimale Betriebstemperatur für den Aktor 13 gewährleisten zu können, kann auch vorgesehen sein, daß durch eine Gehäuseöffnung 20 ein Kühlmedium in das Gehäuseinnere einbringbar ist, welches den Aktor 13 umströmt, so daß es an einer in der Nähe der Ausspritzöffnung 11 liegenden Gehäuseöffnung 21 wieder austritt.

In Fig. 2 ist noch ersichtlich, daß an der der Mediumkammer 10 abgewandten Seite der Membran 12 Temperatursensoren 22 anordenbar sind, die die in der Mediumkammer 10 vorherrschende Temperatur der Materialien detektieren, so daß gegebenenfalls die Heizeinrichtung 19 entsprechend angesteuert, das heißt ein- oder ausgeschaltet werden kann.

Werden mehrere Druckköpfe 9 verwendet, kann vorgesehen sein, daß die Ausspritzöffnungen 11 der Druckköpfe 9 unterschiedlich große Öffnungsquerschnitte aufweisen, so daß unterschiedliche Tropfengrößen ausbringbar sind. Wird nur ein Druckkopf mit mehreren Mediumkammern 10 verwendet, können selbstverständlich die Ausspritzöffnungen unterschiedliche Querschnittsgrößen aufweisen.

Damit die einzelnen Tropfen die Schichten 2 bilden können, ist vorgesehen, daß entweder der Druckkopf 9 relativ

zum Substrat 4 oder das Substrat relativ zum Druckkopf 9 bewegt werden kann.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Mikrobauelements, **dadurch gekennzeichnet**, daß mittels eines nach dem Tintendruckprinzip arbeitenden Druckkopfes (9) das in flüssiger Phase vorliegende Material für das Mikrobau-
element (1) tropfenförmig auf ein Substrat (4) ausge-
spritzt wird, wobei mehrere Tropfen (3) des Materials
in einer gemeinsamen Ebene (Schicht 2) und/oder in
unterschiedlichen Ebenen vorliegen und nach dem Er-
starren das Mikrobauelement (1) bilden. 10
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeich-
net, daß gleichzeitig oder nacheinander das Material
für das Mikrobauelement (1) und ein flüssiges Stütz-
material (7) aus zumindest einem Druckkopf (9) ausge-
spritzt werden. 15
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekenn-
zeichnet, daß das Material für das Mikrobauelement
(1) und das Stützmaterial (7) aus verschiedenen Aus-
laßöffnungen (11) eines Druckkopfs (9) ausgespritzt
werden. 20
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprü-
che, dadurch gekennzeichnet, daß nach der Fertigstel-
lung des Mikrobauelements (1) das Stützmaterial (7)
entfernt wird, so daß das Mikrobauelement (1) freige-
legt wird. 25
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprü-
che, dadurch gekennzeichnet, daß als Material für das
Mikrobauelement (1) Kunststoff, Metall und/oder Glas
verwendet wird, das vorzugsweise eine niedrige
Schmelztemperatur besitzt. 30
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprü-
che, dadurch gekennzeichnet, daß das Mikrobauеле-
ment (1) nachbehandelt wird, indem es einer Wärme-
behandlung und/oder einer Behandlung mit einer Che-
mikalie unterzogen wird. 35
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet,
daß die Chemikalie flüssig oder gasförmig ist. 40
8. Verwendung eines nach dem Tintendruckprinzips
arbeitenden Druckkopfs (9) zur Herstellung eines Mi-
krobauelements (1), wobei mit dem Druckkopf (9) das
Material (3) für das Mikrobauelement tropfenförmig
auf ein Substrat (4) ausgespritzt wird und einzelne
Tropfen (3) in einer gemeinsamen Ebene (Schicht 2)
und/oder in unterschiedlichen Ebenen vorliegen. 45
9. Vorrichtung zum Herstellen eines Mikrobauеле-
ments, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung
zumindest einen Druckkopf (9) nach Anspruch 8 um-
faßt. 50
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekenn-
zeichnet, daß der Druckkopf (9) eine Mediumkammer
(10), eine Wandung der Mediumkammer bildende
Membran (12) und einen Aktor (13) zur Auslenkung
der Membran (12) umfaßt, wobei die Mediumkammer
(10) zumindest eine Ausspritzöffnung (11) aufweist,
und wobei der Aktor (13) von der Membran (12) ther-
misch entkoppelt ist. 55 60

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

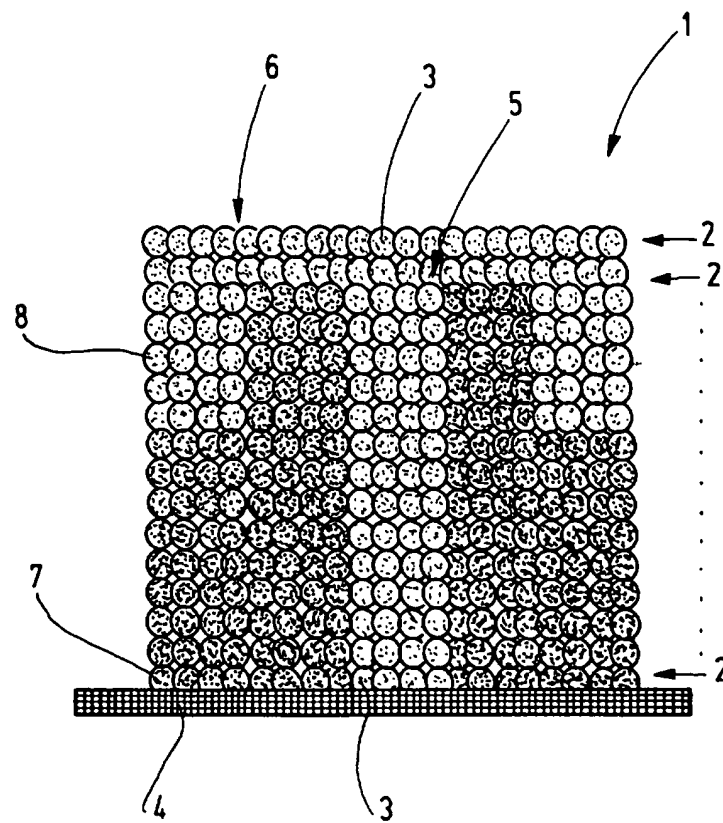


Fig.1

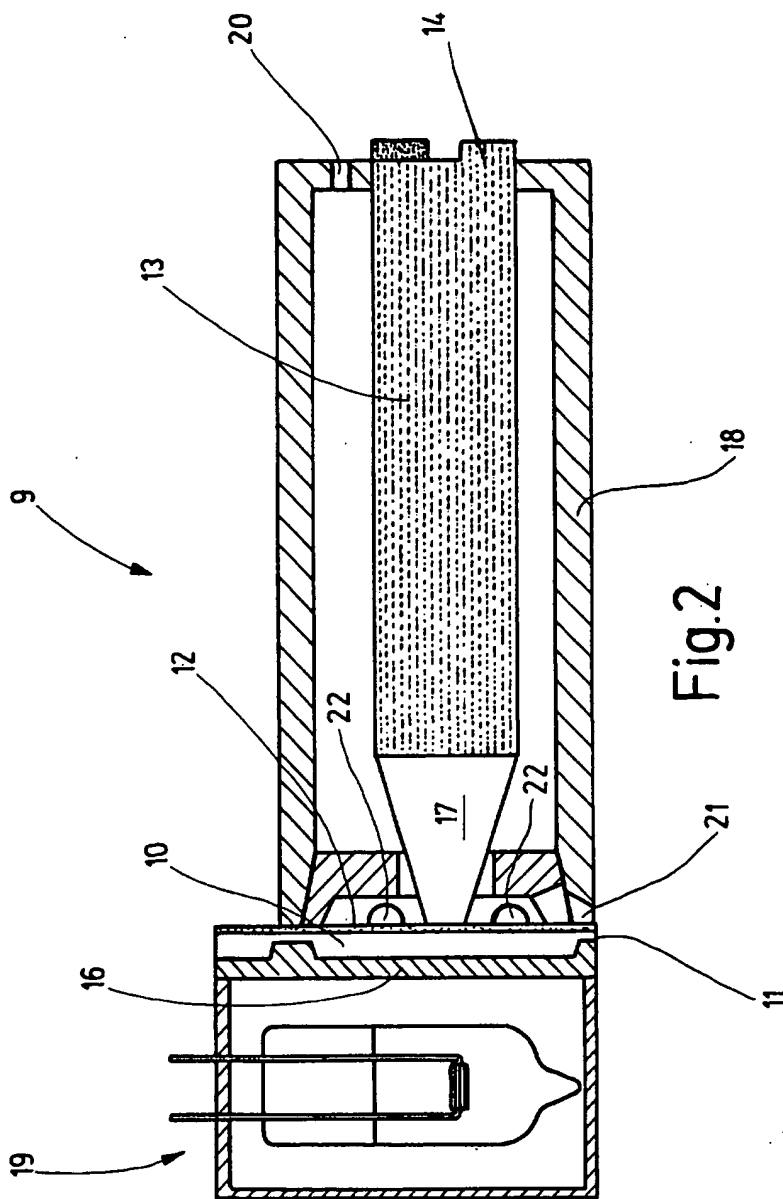


Fig. 2